

## Beschreibung

## Verfahren zur Übertragung von optischen Polarisationsmultiplexsignalen

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Übertragung von optischen Polarisationsmultiplexsignalen nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

- 10 Bei optischen Wellenlängen-Multiplexsystemen sind Bitraten von 10 GBit/s je Kanal heute üblich. Entwickelt und als Muster realisiert wurden auch bereits 40 GBit/s-Systeme. Diese sind allerdings technisch sehr aufwendig. Besondere Probleme bereiten hierbei Verzerrungen der übertragenen Signale, wie
- 15 Polarisations-Moden-Dispersion (PMD) und chromatische Dispersion. Zu deren Kompensation werden einen Polarisationssteller und optische Kompensationseinrichtungen verwendet.

- 20 Aus der Nachrichtenübertragung sind zahlreiche Modulations- und Codiervorgahren bekannt und es wurden zahlreiche Möglichkeiten untersucht, um geeignete Verfahren zu finden, die zu einer deutlichen Verbesserung der Übertragungseigenschaften bei optischen Systemen führen.

25

- In "telcom report" 1/88, Seiten 22 bis 25 ist ein Richtfunksystem beschrieben, das mittels geeigneter Antennen orthogonal polarisierte Signale überträgt. Durch unvollkommene technische Einrichtungen wie schlecht ausgerichtete Antennen und
- 30 Reflexionen kommt es zu Kreuzpolarisationsstörungen, bei denen ein Signal auf das andere eigentlich orthogonale Signal störend übergreift. Empfangsseitig werden die polarisierten Signale durch separate Antennen getrennt. Zur Beseitigung von Kreuzpolarisationsstörungen sind adaptive
- 35 Zeitbereichs-Entzerrer vorgesehen. Die Grundidee einer Depolarisationskompensation besteht nun darin, ein Kompensationssignale zu gewinnen und zum jeweiligen Hauptsig

nal hinzuzufügen. Ein Frequenzversatz darf nicht auftreten und Zeitverschiebungen zwischen den Signalen müssen ausgeglichen werden. Die bei Richtfunk auftretende Änderung der Polarisierung ist jedoch - verglichen mit einer optischen Übertragung über  
5 Fasern - gering. Hier kann jede beliebige Polarisierung auftreten.

In der Offenlegungsschrift DE 101 56 244 A1 sind eine Anordnung und ein Verfahren zur Übertragung von  
10 Polarisationsmultiplexsignalen beschrieben. Sendeseitig wird eine differentielle Phasenmodulation zwischen den orthogonal polarisierten Übertragungssignalen aufgebracht. Diese dient zur Regelung eines gemeinsamen Polarisationsstransformators oder für jeden Übertragungskanal getrennter  
15 Polarisationsstransformatoren durch Auswertung von Interferenzen. Hierdurch soll die Regelgeschwindigkeit bei minimalem Aufwand maximiert werden. Der Polarisationsstransformator kann zur Kompensation von ausgebildet sein. Hierzu wird mit Hilfe eines doppelbrechenden Kristalls und unter Verwendung zahlreicher  
20 Steuerspannungen die Übertragungsstrecke "invers" nachgebildet, so dass die Pulsmodendispersion kompensiert werden. Die sendeseitigen Maßnahmen sind aus Transparenzgründen häufig nicht erwünscht und eine sowohl schnelle als auch zuverlässige PMD-Regelung im optischen Bereich ist nach wie vor aufwendig.  
25 Aufgabe der Erfindung ist es, bei einer optischen Datenübertragung eine Erhöhung der Übertragungskapazität zu erreichen, ohne dass erhöhte Bandbreiten-Anforderungen für optische und elektrische Systemkomponenten erforderlich sind und den Aufwand  
30 weiter zu reduzieren.

Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren zur optischen Datenübertragung nach Anspruch 1 gelöst.

Vorteilhafte Weiterbildungen sind in den Unteransprüchen angegeben.

5

Insbesondere ermöglicht die Kombination von vierstufiger Mehrphasenmodulation und Polarisations-Multiplex-Übertragung bei gleicher Bandbreite und unwesentlich vergrößertem Störabstand eine Vervierfachung der Datenrate. Es werden zwei  
10 orthogonal zueinander polarisierte Mehrphasensignale übertragen, wodurch eine minimale Beeinflussung gewährleistet ist. Durch synchrone Übertragung der orthogonalen Mehrphasensignale wird die gegenseitige Beeinflussung weiter minimiert. Die Empfindlichkeit gegenüber PMD und chromatischer Dispersion  
15 bleibt gegenüber den bekannten Systemen mit niedrigerer Datenrate gleich oder vergrößert sich nur geringfügig.

Für die Kompensation von störenden Effekten gelten hierbei praktisch die Anforderungen eines herkömmlichen Systems mit  
20 einem Viertel der Datenrate.

Als besonders vorteilhaft erweist sich die Verwendung einer vierstufigen differentiellen Phasenmodulation. Bei dieser ist keine aufwendige kohärente Demodulation erforderlich.

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Übertragung von optischen Polarisationsmultiplexsignalen, bei dem mindestens ein erstes Binärsignal (A, B) in ein erstes optisches Signal (QPS1) und mindestens ein zweites Binärsignal (D, C) in ein zweites hierzu orthogonal polarisiertes optisches Signal (QPS2) umgesetzt werden, dann die orthogonal polarisierten optischen Signale (QPS1, QPS2) zu einem Polarisationsmultiplexsignal (PMS) zusammengefügt und anschließend übertragen werden, dadurch gekennzeichnet, dass empfangsseitig das Polarisationsmultiplexsignal (PMS) in zwei orthogonal polarisierte Signalteile (PS1, PS2) aufgeteilt wird,
- 15 dass jedes polarisierte Signalteil (PS1; PS2) linear in ein komplexes Signal ( $I_1 + jQ_1$ ;  $I_2 + jQ_2$ ) umgesetzt wird, die komplexen Signale ( $I_1 + jQ_1$ ;  $I_2 + jQ_2$ ) einem mehrdimensionalen Filter (16) zugeführt werden, dessen Koeffizienten ( $C_{ii}$ ) so gesteuert werden,
- 20 dass an den Filterausgängen unabhängig von der Polarisation des empfangenen Polarisationsmultiplexsignals (PMS) rekonstruierte Signale ( $I_{11} + jQ_{11}$ ;  $I_{12} + jQ_{12}$ ) abgegeben werden, die den optischen Signalen (QPS1, QPS2) entsprechen, und dass die rekonstruierten Signale ( $I_{11} + jQ_{11}$ ;  $I_{21} + jQ_{21}$ ) demoduliert und in empfangsseitige Binärsignale ( $A_E, B_E$ ;  $C_E, D_E$ ) umgesetzt werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,
- 30 dass jeder polarisierte Signalteil (PS1; PS2) linear in ein zwei orthogonale Komponenten ( $I_1, Q_1$ ;  $I_2, Q_2$ ) aufweisendes komplexes elektrisches Signal ( $I_1 + jQ_1$ ;  $I_2 + jQ_2$ ) umgesetzt wird, dass dessen orthogonale Komponenten ( $I_1, Q_1$ ;  $I_2, Q_2$ ) dem steuerbaren mehrdimensionalen Filter (16) zugeführt werden, das aus diesen orthogonalen Komponenten ( $I_1, Q_1$ ;  $I_2, Q_2$ ) die rekonstruierte Signale ( $I_{11} + jQ_{11}$ ;  $I_{12} + jQ_{12}$ ) in Form von rekonstruierten Signalkomponenten ( $I_{11}, Q_{11}$ ;  $I_{21}, Q_{21}$ ) gewinnt.

## Description

Method for transmitting optical polarization multiplex signals

- 5 The invention relates to a method for transmitting optical polarization multiplex signals according to the preamble of Claim 1.

Bit rates of 10 Gbit/s per channel are customary today for optical wavelength multiplex systems. Forty-Gbit/s systems have also been  
10 developed and implemented as models, but these systems are very demanding in terms of expenditure. Particular problems give rise therein to distortions in the transmitted signals such as polarization mode dispersion (PMD) and chromatic dispersion. Polarization controllers and optical compensation devices are used to compensate  
15 said distortions.

Numerous modulation and encoding methods are known from the communications field and numerous possibilities have been investigated to find suitable methods leading to a significant improvement in the  
20 transmission characteristics of optical systems.

In "telcom report" 1/88, pages 22 to 25, a radio relay system is described that transmits orthogonally polarized signals by means of suitable antennas. Imperfect technical equipment such as poorly oriented antennas as well as reflections give rise to cross-  
25 polarization faults where one signal overlaps another actually orthogonal signal in a disruptive manner. The polarized signals are split at the receiving end by separate antennas. Adaptive time-domain equalizers are provided for eliminating cross-polarization faults. The basic concept of depolarization compensation is to obtain a compensation signal and add it to the respective main signal.  
30 No frequency errors must occur and any inter-signal time displacements must be compensated. The change in polarization occurring in a radio relay system is, however, slight compared to optical transmission over fibers. Any polarization can occur here.  
35

An arrangement and a method for transmitting polarization multiplex signals are described in the publication of an unexamined application reference DE 101 56 244 A1. A differential phase modulation is applied at the transmitting end between the orthogonally polarized transmission signals. Said modulation serves to control a common polarization transformer, or to control separate polarization transformers for each transmission channel, by evaluating interferences. The purpose thereof is to maximize the control rate with a minimal expenditure requirement. The polarization transformer can be embodied for compensating (lacuna). The transmission link is for this purpose simulated with the aid of a double-refracting crystal and employing numerous control voltages as being "inverse", so that the pulse mode dispersion is compensated. The measures taken at the transmitting end are frequently undesirable for reasons of transparency; moreover, both fast and reliable PMD controlling in the optical range remains demanding in terms of expenditure.

The object of the invention is to achieve an increase in transmission capacity during optical data transmission, with said increase being unattended by increased bandwidth requirements for optical and electrical system components, and also to further reduce the expenditure requirements.

Said object is achieved by means of a method for optical data transmission according to Claim 1.

Advantageous developments are indicated in the subclaims.

- 5 The combining of four-stage multiphase modulation and polarization multiplex transmission while employing the same bandwidth and an insignificantly increased signal-to-noise ratio in particular enables the data rate to be quadrupled. Two mutually orthogonally polarized multiphase signals are transmitted, as a result of which minimal
- 10 cross-influencing is ensured. Mutual influencing is further minimized through synchronous transmission of the orthogonal multiphase signals. Sensitivity to PMD and chromatic dispersion remains the same with respect to known systems having a lower data rate, or it increases only slightly.
- 15 The compensating of disruptive effects is here subject practically to the requirements of a conventional system having a quarter the data rate.
- 20 The use of a four-stage differential phase modulation has proved to be especially advantageous. Complex coherent demodulation is not necessary here.

## Claims

1. Method for transmitting optical polarization multiplex signals wherein at least a first binary signal (A, B) is converted into a first optical signal (QPS1) and at least a second binary signal (D, C) is converted into a second optical signal (QPS2) polarized orthogonally thereto and the orthogonally polarized optical signals (QPS1, QPS2) are then combined into a polarization multiplex signal (PMS) and thereupon transmitted,

10 characterized in that

the polarization multiplex signal (PMS) is divided at the receiving end into two orthogonally polarized signal parts (PS1, PS2), in that each polarized signal part (PS1; PS2) is converted in a linear manner into a complex signal ( $I_1 + jQ_1$ ;  $I_2 + jQ_2$ ),

15 in that the complex signals ( $I_1 + jQ_1$ ;  $I_2 + jQ_2$ ) are routed to a multidimensional filter (16) whose coefficients ( $C_{ii}$ ) are controlled in such a way

that signals ( $I_{11} + jQ_{11}$ ;  $I_{12} + jQ_{12}$ ) which have been reconstructed independently of the polarization of the received polarization mul-

20 tiplex signal (PMS) and which correspond to the optical signals (QPS1, QPS2) are fed out at the filter outputs, and

that the reconstructed signals ( $I_{11} + jQ_{11}$ ;  $I_{21} + jQ_{21}$ ) are demodulated and converted into binary signals ( $A_E$ ,  $B_E$ ;  $C_E$ ,  $D_E$ ) at the receiving end.

25

2. Method according to Claim 1

characterized in that

each polarized signal part (PS1; PS2) is converted linearly into a complex electrical signal ( $I_1 + jQ_1$ ;  $I_2 + jQ_2$ ) having two orthogonal components ( $I_1$ ,  $Q_1$ ;  $I_2$ ,  $Q_2$ ), and

30

in that its orthogonal components ( $I_1$ ,  $Q_1$ ;  $I_2$ ,  $Q_2$ ) are routed to the controllable multidimensional filter (16) which, from said orthogonal components ( $I_1$ ,  $Q_1$ ;  $I_2$ ,  $Q_2$ ), obtains the reconstructed signals



$(I_{11} + jQ_{11}; I_{12} + jQ_{12})$  in the form of reconstructed signal components  
 $(I_{11}, Q_{11}; I_{21}, Q_{21})$ .